

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-127679

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)IntCl<sup>5</sup>

G10K 11/16

F01N 1/06

識別記号

庁内整理番号

H 7350-5H

F 7114-3G

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全8頁)

(21)出願番号 特願平3-286410

(22)出願日 平成3年(1991)10月31日

(71)出願人 000237592

富士通テン株式会社

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

(72)発明者 佐古 和也

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(72)発明者 永海 正明

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(72)発明者 馬場崎 正博

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

最終頁に続く

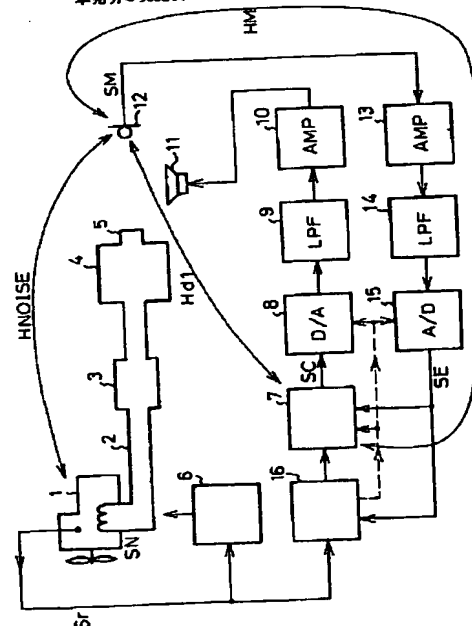
(54)【発明の名称】 騒音制御装置

(57)【要約】

【目的】 本発明はスピーカを用いて騒音を消去する騒音制御装置に関し、特に変化が激しい騒音に対する消去音を形成する精度を向上することを目的とする。

【構成】 騒音の特性と逆の特性を形成しその誤差信号を最小にするために適応制御を行う騒音制御装置に、任意のフィルタタップから出力信号を取り出しこの出力信号を調整して該フィルタタップ長を可変にするFIRフィルタ70と、騒音源の運転状態の変化を検出しFIRフィルタ70のフィルタタップからの出力信号を調整する運転状態変化検出器16と運転状態変化検出器16の運転状態変化信号から出力信号の調整に必要なFIRフィルタ70の係数のみの更新をする最小化部79とを設ける。

本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 騒音の特性と逆の特性を形成しその誤差信号を最小にするために適応制御を行う騒音制御装置において、

任意のフィルタタップから出力信号を取り出しこの出力信号を調整して該フィルタタップ長を可変にするFIRフィルタ(70)と、

騒音源の運転状態の変化を検出し該FIRフィルタ(70)の該フィルタタップからの出力信号を調整する運転状態変化検出器(16)と、

該運転状態変化検出器16の運転状態変化信号から出力信号の調整に必要な該FIRフィルタ(70)の係数の更新をする最小化部(79)とを備えることを特徴とする騒音制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はスピーカを用いて騒音を消去する騒音制御装置に関し、特に変化が激しい騒音に対する消去音を形成する精度を向上することを目的とする。

## 【0002】

【従来の技術】従来内燃機関等から発生する騒音を低減するためにマフラー等の受動的な消音装置が使用されてきたが、サイズ、消音特性等の観点から改善が望まれていた。これに対して従来から音原から発生された騒音と逆位相・等音圧の補償音をスピーカから出力し、騒音を相殺する能動型の騒音制御装置が提案されている。ところが、この能動型の騒音制御装置自体の周波数特性あるいは安定性等が充分でなく実用化が遅れていた。近年デジタル回路を使用して信号処理技術が発展し取扱いのできる周波数範囲も拡大した結果実用的な騒音制御装置が多数提案されている(例えば特開昭63-311396号公報)。これはダクトの上流に設置された騒音源補足用のマイクロフォンで騒音を検出し信号処理回路により騒音と逆位相・等音圧の信号をダクト下流に設置したスピーカから出力するフィードフォワード系と、消音された結果を消音点用のマイクロフォンで検出して消音結果を最小にするフィードバック系を組み合わせたいわゆる2マイクロフォン・1スピーカ型の能動型の騒音制御装置である。この装置には逆位相・等音圧の補償音を形成する適応性フィルタはDSP(Digital Signal Processor)からなり、FIR(Finite Impulse Response)フィルタで構成されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の適応型フィルタではフィルタタップ長が固定されているため一定の効果を得るためには必ず一定の収束時間を必要としていた。このためターゲット騒音が激しく変化すると上記一定の収束時間をとれず、完全な収束状態になら

ずに十分な騒音制御の効果が得られないという問題があった。

【0004】したがって本発明は上記問題点に鑑み騒音の変化が激しくても所定の収束時間が確保でき応答性改善が図れる騒音制御装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は前記問題点を解決するために、騒音の特性と逆の特性を形成しその誤差信号を最小にするために適応制御を行う騒音制御装置に、FIRフィルタ、騒音源の運転状態変化検出器及び最小化部を設ける。該FIRフィルタは任意のフィルタタップから出力信号を取り出しこの出力信号を調整して該フィルタタップ長を可変にする。該運転状態変化検出器は例えば騒音源の運転状態としてエンジン回転数の変化を検出し該FIRフィルタの該フィルタタップからの出力信号を調整する。該最小化部は該運転状態変化検出器の運転状態変化信号から出力信号の調整に必要な該FIRフィルタの係数の更新をする。

## 【0006】

【作用】本発明の騒音制御装置によれば、該FIRフィルタによって任意のフィルタタップから出力信号が取り出されこの出力信号が調整されて該フィルタタップ長が可変になる。さらに該運転状態変化検出器が例えばエンジン回転数の変化を検出し該FIRフィルタの該フィルタタップからの出力信号を調整することによって該エンジン回転数の変化で該フィルタタップ長が可変になる。また該最小化部では該運転状態変化検出器の運転状態変化信号(回転数変化信号)から出力信号の調整に必要な該FIRフィルタの係数のみの更新が行われるので係数を求める演算の収束時間が短縮され回転数の激変に対して応答性が改善される。

## 【0007】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図であり、騒音源として自動車等のエンジン騒音源の運転状態を示す信号としてエンジン回転数を対象とした例である。本図を用いて本発明の全体構成を説明する。該装置は自動車等のエンジン1と、該エンジン1の排気ガスを大気に放出するための排気ガス管2と、騒音発生を抑制するために大気に放出されるまでの該排気ガス管2の途中に徐々に排気ガスを減圧してその減圧により生じる騒音がその壁の反射により干渉して消音を行うサブマフラー3と、上記と同様の目的で該サブマフラー3の後段に設けられたメインマフラー4と、該メインマフラー4に接続され大気に排気ガスを大気に放出するテールパイプ5、該エンジン1の回転数信号(Sr)に基づき該エンジン1を制御するためのエンジンコントロールユニット6と、自ら形成した補償信号と後述するフィードバック系の誤差信号から騒音に対する被制御信号を形成しこれを用いて補償信号を形成する補償信号形成部

7と、該補償信号形成部7からのデジタル出力信号をアナログ信号に変換するデジタル／アナログ変換器8と、該デジタル／アナログ変換器8に接続されて高調波を除去する低域通過フィルタ9、該低域通過フィルタ9に接続される電力増幅器10と、該電力増幅器10からの信号で駆動され音波を放出し該テールパイプ5からの騒音を相殺するスピーカ11と、該テールパイプ5からの騒音が該スピーカ11で相殺された結果を補足し電気信号に変換するマイクロフォン12と、該マイクロフォン12に接続される増幅器13と、該増幅器13に接続される低域通過フィルタ14と、該低域通過フィルタ14に接続されアナログ信号をデジタル信号へ変換しその変換信号が該補償信号形成部7のフィードバック制御信号としてまたは被制御信号の一部として用いられるアナログ／デジタル変換器15と、該エンジン1の回転数を直接的に検出して又は該アナログ／デジタル変換器15の出力信号から間接的にその回転数の変化により該補償信号形成部7のフィルタタップ長を切り換えかつ該補償信号形成部7、該デジタル／アナログ変換器8及び該アナログ／デジタル変換器15に使用されるサンプリング信号の周期を切り換える回転数変化検出器16とを含む。なお該アナログ／デジタル変換器15のカットオフ周波数はデジタル信号の折り返し防止を目的とし最も回転数が遅い場合のサンプリング周期に合致させておく。

【0008】図2は図1の補償信号形成部の構成を示す図である。本図に示すように、該補償信号形成部7は0番～256番までのフィルタタップ長を有する第1のFIRフィルタ71と、該第1のFIRフィルタ71に直列接続され257番～512番までのフィルタタップ長を有する第2のFIRフィルタ72と、該第2のFIRフィルタ72に直列接続され513番から1024番までのフィルタタップ長を有する第3のFIRフィルタ73と、該第1のFIRフィルタ71、該第2のFIRフィルタ72及び該第3のFIRフィルタ73にそれぞれ接続されその乗算係数を0または1に変化する可変乗算器74、75及び76と、該可変乗算器74及び75の出力を加算する加算器77と、該加算器77の出力と該\*

\*第3のFIRフィルタ73の出力を加算してこの加算信号を該デジタル／アナログ変換器8に出力する加算器78とを包含するFIRフィルタ70と、該アナログ／デジタル変換器15からの誤算信号が最小になるように該第1のFIRフィルタ71、該第2のFIRフィルタ72及び該第3のFIRフィルタ73の各可変乗算器74、75及び76の乗算係数を更新する最小化部79と、後述するフィードバック系の伝達特性を模擬する伝達特性形成部80と、該伝達特性形成部80からの反転された信号と後述する該マイクロフォン12を経て該アナログ／デジタル変換器15からの信号とを加算して騒音信号を再現して該第1のFIRフィルタ71の入力信号とするための加算器81とを含む。

【0009】図3は図1の各FIRフィルタの構成を示す図である。本図に示すFIRフィルタは入力信号を1サンプリング周期ずつ遅延させる複数の遅延器721と、該入力信号及び各該遅延器721の出力信号に接続される複数の可変乗算器722と、各該可変乗算器722に接続される複数の加算器723とを含む。各該可変乗算器722の係数 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ は該最小化部79からの供給により可変である。

【0010】ここで、サンプリング周波数を $f_s$ とすると、サンプリング周期 $T$ は $T=1/f_s$ であり、入力信号を $x(t)=\exp(j\omega t)$ とすると、出力信号 $y(t)$ は次のように表せる。

$$y(t) = a_0 \cdot \exp(j\omega t) + a_1 \cdot \exp(j\omega(t-T)) + a_2 \cdot \exp(j\omega(t-2T)) + \dots + a_m \cdot \exp(j\omega(t-mT)) \\ = \exp(j\omega t) \cdot (a_0 + a_1 \cdot \exp(-j\omega T) + a_2 \cdot \exp(-j2\omega T) + \dots + a_m \cdot \exp(-jm\omega T))$$

次に係数を更新する最小化部79について説明する。上記式で入力信号を $x(n)=\exp(jn\omega t)$ としてかつ係数 $a_k(n)$ として表すと各係数 $a_k(n)$ は次式で収束して求められる。

【0011】

【数1】

$$a_k(n+1) = a_k(n) + \alpha \cdot \frac{e(n)}{|X|^2} \cdot X(n)$$

$$|X|^2 = X(1)^2 + X(2)^2 + \dots + X(n)^2$$

【0012】この式で $e(n)$ （図1ではSEとして表す）は該アナログ／デジタル変換器15の出力信号で誤差信号を表し、 $\alpha$ は収束定数であり、係数 $a_k(n)$ が一定値に収束するまでには所定時間を要する。したがって該エンジン1の回転数変化が大きいとこの収束時間内での処理が困難になる虞れがある。次に本実施例の一

連の動作を説明する。該エンジン1で発生する騒音信号をSN、該補償信号形成部7の出力信号をSC、該マイクロフォン12の出力信号をSM、該加算器81の出力信号をSRとする。また該エンジン1から該マイクロフォン12までの伝達特性をHNOISE、該補償信号形成部7から該マイクロフォン12までの伝達特性をHd

1、該マイクロフォン12から該加算器81までの伝達特性をHMとして、 $Hd = Hd1 \cdot HM$ とすると、該マイクロフォン12の出力信号は $SM = SN \cdot HNOISE + SC \cdot Hd1$ となり、該加算器81での出力信号 $SR = SM \cdot HM - SC \cdot Hd = (SN \cdot HNOISE + SC \cdot Hd1 - SC \cdot Hd) \cdot HM = SN \cdot HNOISE \cdot HM$ となり騒音のみを該マイクロフォン12で検出したときの信号を演算することになる。

【0013】次に該補償信号形成部7の該最小化部79による係数変更するための制御信号としては該アナログ／デジタル変換器15の出力信号SEはが与えられる。該補償信号形成部7はこの制御信号が零となるように係数を変更するものであり、 $SE = SM \cdot HM$ であるため $SE = 0$ であるとき $SM = 0$ なる。したがって該加算器81からの出力信号SRを被制御信号として該補償信号形成部7に入力し制御信号として該アナログ／デジタル変換器15に出力信号SEを入力することによって、該補償信号形成部7は $SE = 0$ となるように補償信号SCが演算され出力される。

【0014】図4はエンジンの回転数の変化に伴うFIRフィルタ等の切り換えを説明する図である。図1に示す該回転数変化検出器16は該エンジン1の回転数から騒音の周波数を予め定められた方法により換算し騒音の周波数変化率 $\Delta f / \Delta t$ を求め次の関係にある定数 $k1 \leq k2 \leq k3$ と比較して図4(a)に示すように該エンジン1の回転数変化が小さく $\Delta f / \Delta t \leq k1$ ならば動作モードIIIと判断し、その回転数変化が増加し $k1 \leq \Delta f / \Delta t \leq k2$ ならば動作モードIIと判断し、その回転数変化がさらに増加し $k3 \leq \Delta f / \Delta t$ ならば動作モードIと判断する。このように該回転数変化検出器16が判断すると、図4(b)に示すように該可変乗算器74、75及び76の乗算係数及びサンプリング周期が切り換えられる。また上記動作モードで選択されたFIRフィルタの乗算係数のみが演算され選択されない乗算係数は演算されない。

【0015】図5は各動作におけるFIRフィルタの動作タイミングを示す図である。本図に示すようにサンプリング信号の立ち上がりで該アナログ／デジタル変換器15にアナログ信号を取り込みDSP処理を行いさらに係数の更新処理を行う。そして次の立ち上がる信号で該デジタル／アナログ変換器8へ結果を出力し上記と同様に該アナログ／デジタル変換器15にアナログ信号を入力し繰り返す。この動作は本図に示すように回転数の変化が増加するに従ってFIRフィルタタップ長が小さくなりかつサンプリング周期が小さくなる。したがって回転数が増加すると制御すべきフィルタタップ長が短くなるため、【数1】に示すように収束のための演算回数が増加すると共に収束時間を要する乗算係数の演算数が減るので収束時間を短縮できる。

【0016】図6は各FIRフィルタの応答性を示す図

である。回転数変化に伴って上記の様にFIRフィルタタップ長を可変にすることによって、図6に示すようにFIRフィルタタップ長が短くなるにしたがって収束時間が短縮するため効果量の立ち上がりが速くなる。なおサンプリング周期は回転数の変化の増加に合わせて調整するため通常分周器を用いて可変にする。

【0017】図7は本発明の実施例と従来例との騒音制御効果の比較を示す図である。本図において破線で示す実施例の効果は、従来回転数変化が大きいく所効果量が低下の著しかった部分がなくなり全体としての効果量が改善できるようになった。以上の説明では該補償信号形成部7にFIRフィルタタップ長の全長を1024にしたがこれに限定されるものではなく、また該FIRフィルタを三つに切り換えるようにしたがこれに限定されない。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、任意のフィルタタップから出力信号を取り出しこの出力信号を調整して該フィルタタップ長を可変にし、騒音源の運転状態の変化を検出しFIRフィルタ該フィルタタップからの出力信号を調整し、回転数変化信号から出力信号の調整に必要なFIRフィルタの係数の更新をするようにしたので、騒音源状態の変化が急激であっても係数更新のための収束時間が短縮され騒音制御の応答性が改善される。騒音源としては自動車等のエンジンに限定されるものではなくモータや空調機その他の機械であってもよく、騒音源の運転状態の変化を表す信号としても回転数信号に限らず、例えば点火タイミング信号、エンジンの吸入側における負圧の変化を示す信号、或いは騒音そのものをマイクロフォン又は振動ピックアップセンサにより取り出し、騒音のピークを示す周波数の信号（基本波）を用いるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図である。

【図2】図1の補償信号形成部の構成を示す図である。

【図3】図1の各FIRフィルタの構成を示す図である。

【図4】エンジンの回転数の変化に伴うFIRフィルタ等の切り換えを説明する図である。

【図5】各動作におけるFIRフィルタの動作タイミングを示す図である。

【図6】各FIRフィルタの応答性を示す図である。

【図7】本発明の実施例と従来例との騒音制御効果の比較を示す図である。

【符号の説明】

- 1・・・エンジン
- 2・・・排気ガス管
- 3・・・サブマフラー
- 4・・・メインマフラー

(5)

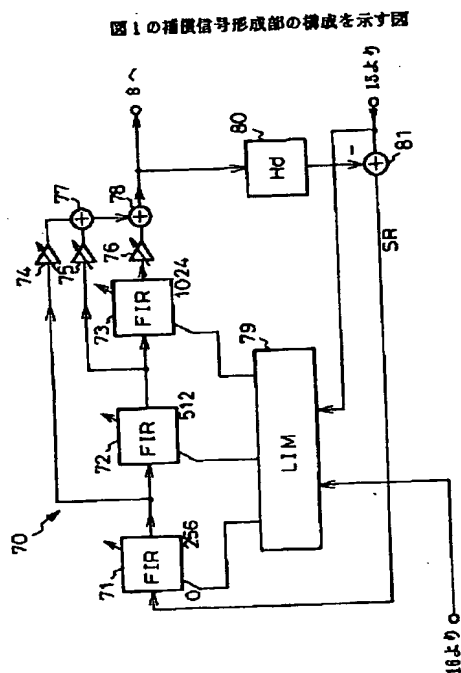
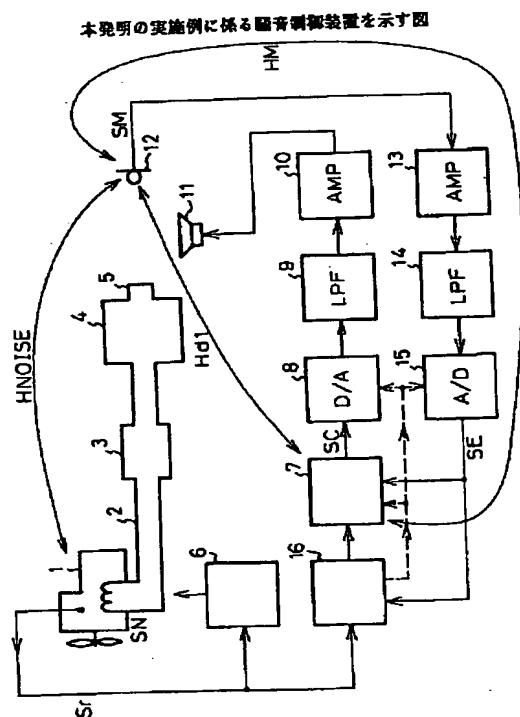
8

5・・・テールパイプ  
7・・・補償信号形成部  
16・・・回転数変化検出器  
70・・・FIRフィルタ  
71・・・第1のFIRフィルタ

\* 72・・・第2のFIRフィルタ  
73・・・第3のFIRフィルタ  
74、75、76・・・可変乗算器  
77、78・・・加算器  
\* 79・・・最小化部

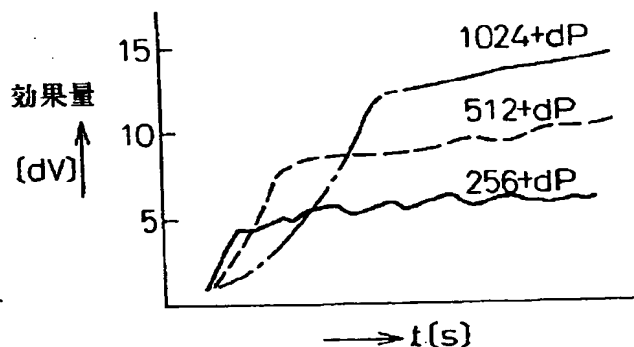
【図1】

【図2】



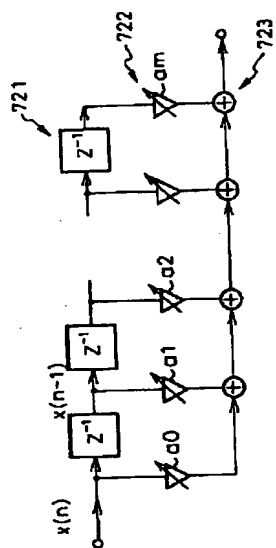
【図6】

各FIRフィルタの応答性を示す図



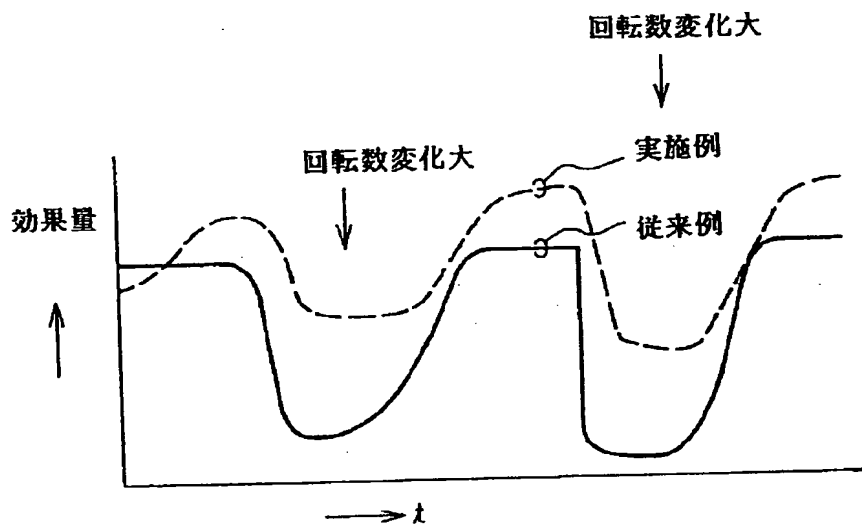
【図3】

図1の各FIRフィルタの構成を示す図



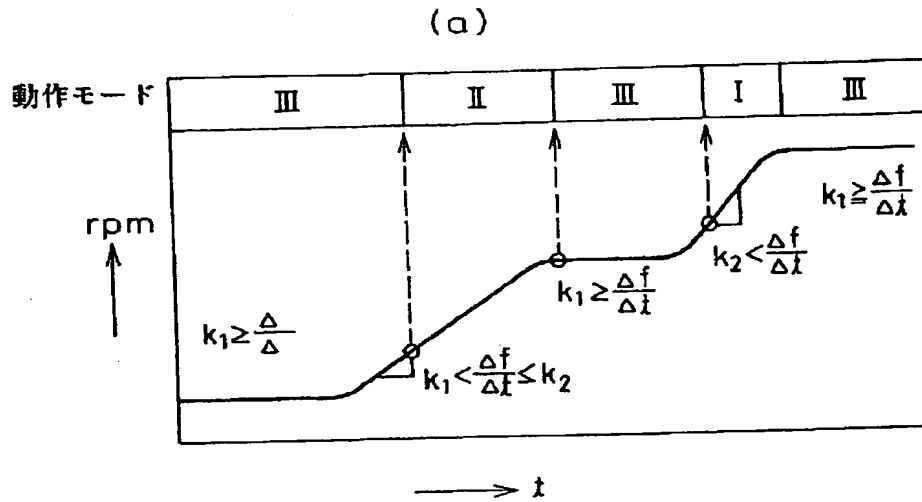
【図7】

本発明の実施例と従来例との騒音制御効果の比較を示す図



【図4】

エンジン回転数の変化に伴うFIRフィルタ等の  
切り換えを説明する図

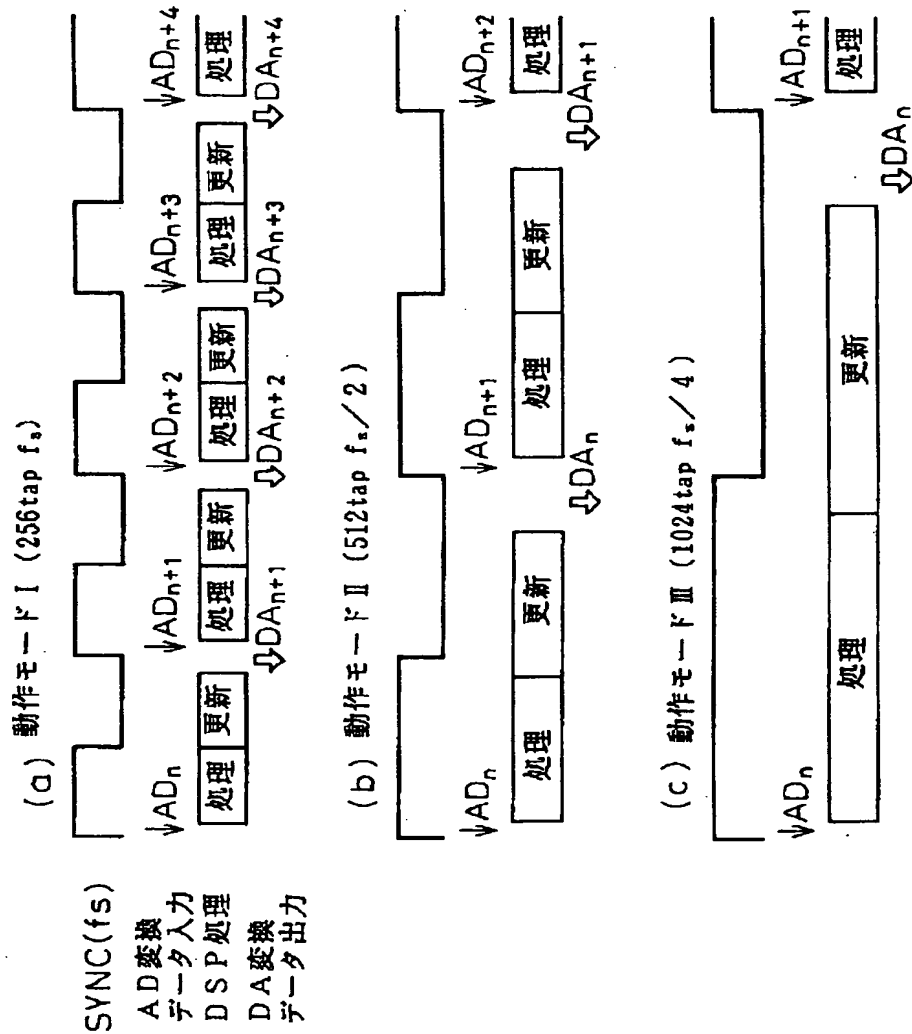


(b)

	乗算器の係数			サンプリング周期
	74	75	76	
動作モード I	1	0	0	$fs$
II	1	0	0	$fs/2$
III	1	1	1	$fs/4$

【図5】

各動作におけるFIRフィルタの動作タイミングを示す図



フロントページの続き

(72)発明者 崎山 和広

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内